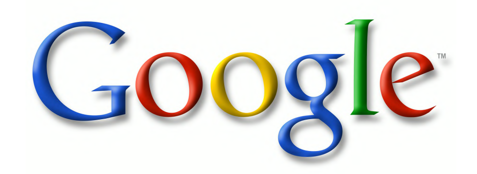
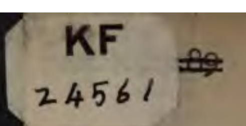




Brückner. In wie weit ist das
heutige klima konstant? 1889.




VE RI
TAS

IN WIE WEIT IST DAS HEUTIGE KLIMA KONSTANT?

VORTRAG GEHALTEN AUF DEM VIII. DEUTSCHEN GEOGRAPHENTAGE ZU BERLIN

VON

PROF. DR. **ED. BRÜCKNER**
IN BERN.

SONDER-ABDRUCK AUS DEN VERHANDLUNGEN DES VIII. DEUTSCHEN GEOGRAPHENTAGES IN BERLIN. 1889.

(VERLAG VON DIETRICH REIMER IN BERLIN.)

BERLIN 1889.

DRUCK VON W. PORMETTER.

Von jeher hat die Frage nach Änderungen des Klimas in historischer Zeit das Interesse der weitesten Kreise in hervorragendem Mafse beansprucht, wohnt ihr doch unleugbar eine grofse praktische Bedeutung inne. Denn ist einmal der Nachweis erbracht, dafs die klimatischen Verhältnisse unseres Erdballs vor den Augen der Menschen eine Änderung erlitten, so müssen wir auch unbedingt mit der Möglichkeit rechnen, dafs in der näheren Zukunft sich Änderungen vollziehen. Solche aber könnten nicht ohne den tiefgehendsten Einflufs auf das ganze Leben und Treiben des Menschengeschlechts bleiben. So enthält bis zu einem gewissen Grade die allgemeine Antwort auf jene Frage eine Prognose für die zukünftigen Geschicke des Menschen und seiner Werke.

Diese Antwort ist nun äufserst mannigfach ausgefallen, und es giebt wohl wenige überhaupt denkbare Fälle einer Klimaänderung, die man nicht für kleinere oder gröfsere Gebiete hat vertreten wollen.

Über jeden Zweifel erhaben ist, dafs in der geologischen Vergangenheit das Klima ein anderes war als heute. In der Polarzone reden die Fossilreste einer tropischen Vegetation aus den ältesten Perioden der Erdgeschichte wie aus der Kreidezeit eine nicht minder deutliche Sprache als in dem gemäfsigten Gürtel und selbst in einzelnen Gebirgen der Tropen die Moränen der diluvialen Gletscher. Das Klima hat sich von der Kreidezeit bis zur Eiszeit und seit der Eiszeit geändert; aber können wir diese Änderung in historischer Zeit nachweisen? Der Bescheid hat mehrfach „ja“ gelautet. So will 1882 Whitney für die gesamte Erde einen allgemeinen Austrocknungsprozefs darthun[1]). So vertritt eine Klimaänderung von demselben

[1]) Whitney, Climatic changes in later geological times. Memoirs of the Museum of comparative zoology at Harvard College. Vol. VII. Cambridge, 1882

Rang Theobald Fischer, wenn er von einem Vordringen der Wüsten im Mittelmeergebiet spricht[1]).

Weit häufiger aber als solche, man möchte sagen, geologische Änderungen des Klimas in historischer Zeit sind lokale in ganz beschränkten Gebieten behauptet worden, die man auf die Thätigkeit des Menschen zurückführen wollte. So soll nach der Ansicht zahlreicher Forscher das Ausroden des Waldes den Regenfall und die Wassermenge der Flüsse und Quellen mindern, Aufforstung dieselben mehren. Andererseits ist es ein Glaubenssatz der Amerikaner in den trockenen Gebieten des fernen Westens der Vereinigten Staaten, dafs die Ausbreitung der Kulturländereien an Ort und Stelle den Regenfall habe anwachsen lassen.

Den zahllosen einschlägigen Hypothesen oder Theorien, welche in dieser oder ähnlicher Weise eine fortdauernde Änderung des Klimas in einer Richtung vertreten, stehen nun aber die Ergebnisse nicht minder zahlreicher Gelehrter entgegen, welche eine solche Änderung für die historische Zeit leugnen. Bemerkenswert ist es, dafs gerade von meteorologischer Seite meist jede kontinuirliche Änderung des Klimas in Abrede gestellt wird, während Geologen, Geographen und Hydrographen vielfach für eine solche eingetreten sind. Die Konstanz des Klimas ist den Meteorologen bis zu einem gewissen Grade ein Axiom.

Unbegreiflich scheint es, wie ein solcher Widerstreit der Meinungen entstehen konnte.

In eine neue Phase trat die Frage, als man nicht mehr einer einseitigen Änderung nachspürte, sondern das meteorologische Material auf säkulare Auf- und Abschwankungen der Witterung hin zu untersuchen begann. Die Veranlassung hierzu boten die so geheimnisvollen Schwankungen der Alpengletscher, die nur in Schwankungen der meteorologischen Verhältnisse ihre Ursache besitzen konnten

Diese Anschauung suchten zuerst Forel[2]) und Richter[3]) statistisch zu begründen; sie erhielt eine allgemeinere Gültigkeit durch die Arbeit von C. Lang aus dem Jahre 1885[4]), die auf weit ausgedehnterem

---

[1]) Th. Fischer, Beiträge zur physischen Geographie der Mittelmeerländer. Leipzig 1877, S. 25 ff. u. Studien über das Klima der Mittelmeerländer. Ergänzungsheft No. 58 zu Petermanns Mitteilungen. Gotha 1879, S. 41.

[2]) Forel in Archives des sciences phys. et naturelles, 1881, No. 5.

[3]) Ed. Richter, Der Obersulzbachgletscher. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 1883, S. 75 ff.

[4]) C. Lang, Der säkulare Verlauf der Witterung als Ursache der Gletscherschwankungen in den Alpen. Zeitschr. d. Österr. Ges f. Meteorologie, 1885, S. 443.

Material fufsend, für die gesamten Alpen den Wechsel langjähriger relativ kühler und feuchter Zeiträume und relativ warmer und trockener im Zusammenhang mit den Schwankungen der Gletscher nachwies.

Das war die Sachlage, als ich vor zwei Jahren auf ganz anderem Wege und für ganz andere Gebiete auf analoge Schwankungen der Witterung stiefs und meine ersten Ergebnisse der in Karlsruhe tagenden Deutschen Meteorologischen Gesellschaft vortrug[1]). Hydrographische Untersuchungen lehrten mich eigentümliche Schwankungen des Wasserstandes in der Ostsee, im Kaspischen Meer und im Schwarzen Meer kennen, deren Rhythmus, wie es Swarowsky für den Neusiedler See dargethan hatte,[2]) eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Rhythmus der Gletscherschwankungen nicht verkennen liefs. Überall wechselten gleichzeitig Perioden mit durchschnittlich hohem Wasserstand und solche mit relativ niedrigem mit einander ab. Am Kaspischen Meer lag es nahe, die Ursache in einem Wechsel der Menge des durch die Flüsse zugeführten Wassers sowie der Verdunstung von der Meeresoberfläche zu suchen. Eine Diskussion der Pegelbeobachtungen an der Wolga wie der Niederschlagsbeobachtungen an einer Reihe meteorologischer Stationen des russischen Reiches that die Realität dieser Vermutung dar. Es ergab sich, dafs die gleichen Schwankungen des Regenfalls, die Lang für die Alpen nachgewiesen hatte, auch in dem gewaltigen Einzugsbecken des Kaspischen Meeres wiederkehrten. Ja noch mehr, das Gebiet der Ostsee und des Schwarzen Meeres unterliegt denselben und die eigentümlichen lang dauernden Änderungen des Niveaus, welche an diesen Meeren auftreten, sind zum Teil nur eine Folge der mit jenen Änderungen des Regenfalls variierenden Wasserzufuhr durch die Flüsse. In den gemittelten Wasserständen der Weichsel, der Oder, der Elbe, der Weser, des Rheins, der Donau, selbst der Seine, überall spiegeln sich die Schwankungen des Regenfalls in den gleichen langen Zeiträumen deutlich ab. Kurz in ganz Europa kehren diese säkularen Schwankungen der Witterung wieder, und die probeweise Zusammenstellung einiger meteorologischer und hydrographischer Daten lehrte, dafs mehr oder minder alle Länder der Nordhemisphäre an ihnen Teil nehmen; ihre Allgemeinheit wie ihre Dauer geben uns das Recht,

---

[1]) Ed. Brückner, Die Schwankungen des Wasserstandes im Kaspischen Meer, im Schwarzen Meer und in der Ostsee. Vortrag. Annalen der Hydrographie etc. 1888, Februarheft. Ein kurzes Referat über den Vortrag erschien in der Meteorologischen Zeitschrift 1887, Juniheft S. 232

[2]) A. Swarowsky, Die Schwankungen des Neusiedler Sees. Bericht über das XII. Vereinsjahr des Vereins der Geographen der Universität Wien. Wien, 1886. S. 15.

sie als Klimaschwankungen zu bezeichnen. Es gereichte mir zur grofsen Genugthuung, als im Herbst des Jahres 1888 Sieger auf Grund der Untersuchung der Schwankungen zahlreicher Seen meine Hauptresultate zum grofsen Teil bestätigte[1]).

Seitdem vermochte ich das einschlägige Material zu häufen und die Untersuchung auch auf die Südhemisphäre auszudehnen.

Die ersten Ergebnisse waren vorwiegend auf Grund hydrographischer Phänomene gewonnen und daher nur qualitativer Natur. Es galt nun, durch Diskussion der meteorologischen Aufzeichnungen auch quantitativ den Betrag der Klimaschwankungen festzustellen.

Heute liegen die Beobachtungen von beiläufig 600 meteorologischen und hydrographischen Stationen, welche im ganzen an 30 000 Beobachtungsjahre umfassen, in einheitlicher Weise bearbeitet vor, und mit ihrer Hülfe gelingt es bereits, ein deutliches Bild der Klimaschwankungen zu gewinnen, welche unser Erdball erlebt. Es sei mir gestattet, einige der Hauptergebnisse der Untersuchung, die dem Abschlufs nahe ist[2]), hier in Kürze zu skizzieren.

Schon die eigentümlichen Schwankungen der hydrographischen Phänomene, der Gletscher, der Seen und Flüsse, liefsen es wahrscheinlich erscheinen, dafs die Klimaschwankungen mit besonderer Deutlichkeit sich im Regenfall aussprechen würden. In der That hat sich das durchaus bestätigt.

In den beigegebenen Kurven (Fig. I. u. II) sind die Schwankungen des Regenfalls graphisch dargestellt. Die erste Serie gestattet dieselben über die ganze Nordhemisphäre hinweg zu verfolgen, die zweite desgleichen von der Nordhemisphäre durch die Tropen auf die Südhemisphäre. Die Kurven repräsentieren die Schwankung für ein grofses Gebiet, wie sie als Mittel aus zahlreichen Stationen abgeleitet wurde. Die benutzten Stationen sind die nachfolgenden:

1) Schottland: Arbroath, Laurick Castle, Loch Leven Sluice, Northeast Reservoir, Glencrose, Swanton, Fernielaw, Edinburgh, Inveresk, Haddington, Culloden, Sandwich, Arrdaroach, Castle Toward, Cameron House und Bothwell Castle. 16 Stationen.

---

[1]) R. Sieger, Die Schwankungen der hocharmenischen Seen seit 1800 in Vergleichung mit einigen verwandten Erscheinungen. Mitt. der K. K. Geograph. Ges. in Wien 1888.

[2]) Dieselbe soll Ende des Jahres 1889 in Penck's Geographischen Abhandlungen (Wien, Hölzel) separat unter dem Titel „Klimaschwankungen seit 1700" erscheinen Dort wird auch alles Material in extenso mitgeteilt werden, auf Grund dessen die unten folgenden Kurven entworfen wurden.

2) England: Chillgrove, Nash Mills, Oxford, Exeter, Orleton, Podehale, Boston, Bolton und Kendal. 9 Stationen.

3) Nordfrankreich: Rouen, Paris, Vendôme, Pannetière, La Collancelle, Clamecy, Avallon, Laroche, Montbard, Poully und Dijon. 11 Stationen.

4) Norddeutschland: Kleve, Trier, Köln, Boppard, Gütersloh, Frankfurt a. M., Giefsen, Bremen, Kiel, Heiligenstadt, Torgau, Dresden, Stettin, Berlin, Küstrin, Frankfurt a. O., Posen, Görlitz, Breslau, Königsberg i. Pr. und Tilsit. 21 Stationen.

5) Österreich-Ungarn: Bodenbach, Prag, Deutschbrod, Lemberg, Kremsmünster, Klagenfurt, Wien und Hermannstadt. 8 Stationen.

6) Westrufsland: Helsingfors, St. Petersburg, Riga, Warschau, Moskau und Kiew. 6 Stationen.

7) Ostrufsland: Lugan, Ssimferopol, Astrachan, Baku, Tiflis, Bogoslowsk, Jekatherinenburg und Slatoust. 8 Stationen.

8) Westsibirien: Barnaul. 1 Station.

9) Ostsibirien: Nertschinsk (Hüttenwerk), Nikolajewsk a. Amur und Peking. 3 Stationen.

10) Vereinigte Staaten, Nord-Amerika, Inneres: Toronto Ont., Milwaukee Wis., Detroit Mich., Madison Io., Steubenville Ohio, Marietta Ohio, Cincinatti Ohio, Leavenworth Ka. und St. Louis Miss. 9 Stationen.

11) Norddeutschland: Wie oben 4).

12) Mittelitalien: Parma, Modena, Bologna, Genua, Florenz, Siena und Rom. 7 Stationen.

13) Vorderindien: Madras, Calcutta, Jablapur und Bombay. 4 Stationen.

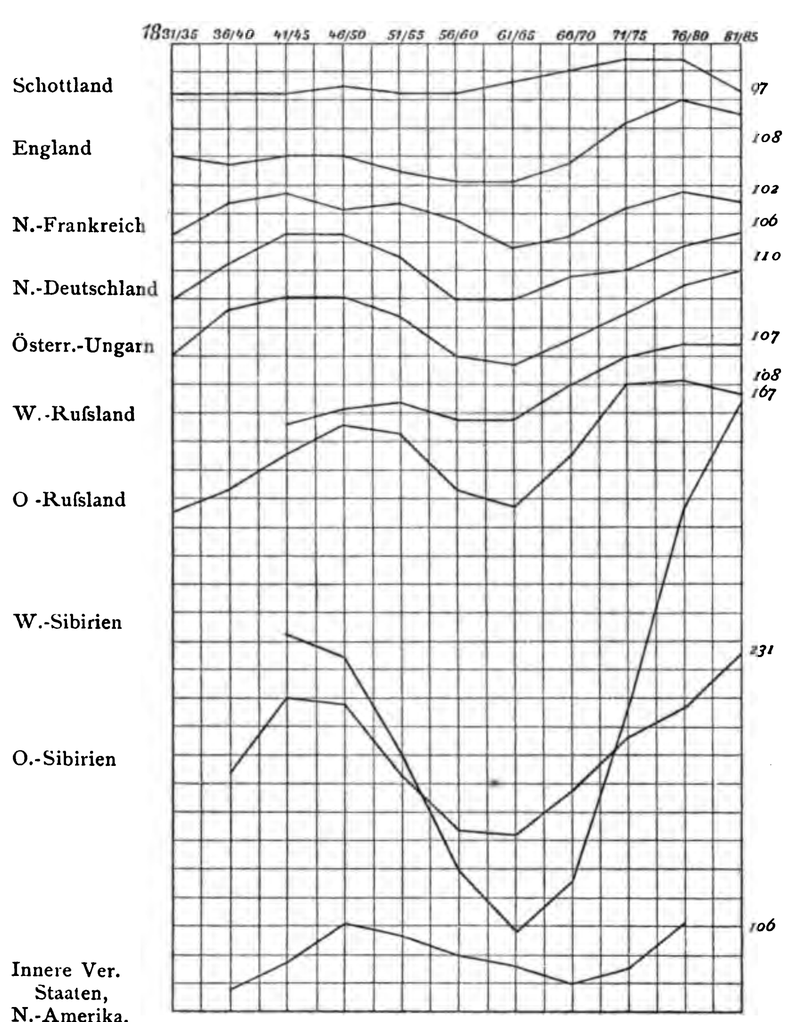
14) Mauritius: S. Louis (Alfred-Observatorium). 1 Station.

15) Australien: Adelaide, Bathurst, Bukelong, Deniliquin, Goulburn, Melbourne und Sydney. 7 Stationen.

Es stützen sich also unsere graphischen Darstellungen auf die Beobachtungen von im ganzen 111 meteorologischen Stationen. Vordem deren Daten für die einzelnen Länder zu Gruppenmitteln vereinigt wurden, wurden die Lustrenmittel der Regenmenge der einzelnen Stationen berechnet und in Prozenten des dreifsigjährigen Mittels 1851–80 ausgedrückt; die dann durch Vereinigung mehrerer Stationen gewonnenen Mittel für die einzelnen Länder wurden nach der Formel $\frac{a + 2b + c}{4}$ bezw. für das erste und letzte Lustrum nach der Formel $\frac{2a + b}{3}$ und $\frac{a + 2b}{3}$ ausgeglichen.

Um den Gang der Zahlen bequem überblicken zu können, sind dieselben auf den beistehenden Figuren graphisch dargestellt worden.

Fig. I. Säkulare Schwankungen des Regenfalls[1]). Schnitt von West nach Ost.



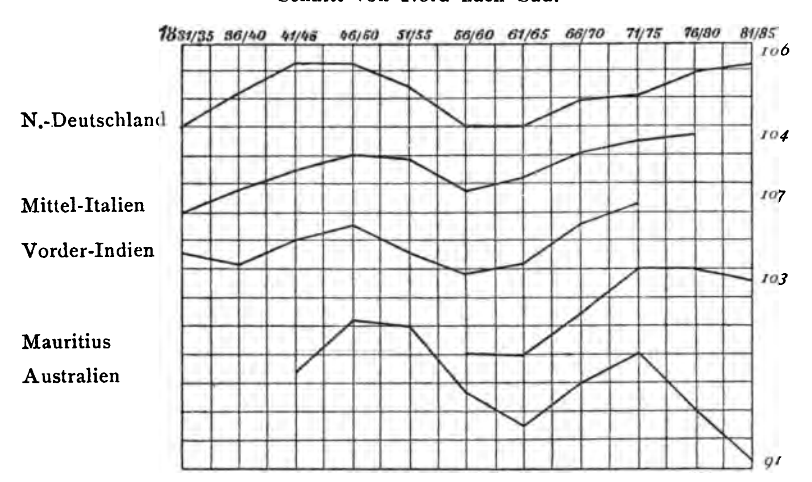
Ein Ansteigen der Kurve um einen Teilstrich bedeutet ein Wachsen, ein Sinken derselben eine Abnahme des Regenfalls um 5%. Der Abstand des Scheitelpunktes vom Thalpunkt giebt sonach den Betrag der Schwankung,

---

[1]) Die Zahlen (%) rechts am Rande der Fig. I u. II beziehen sich je auf den Endpunkt der Kurve, bei welcher sie stehen.

jedoch nicht in absolutem Mafs, sondern in relativem. Je gröfser dieser Abstand, desto gröfser ist das Verhältnis der zur Zeit des Maximums fallenden Niederschlagsmenge zu derjenigen des Minimums.

Fig. II. Säkulare Schwankungen des Regenfalls.
Schnitt von Nord nach Süd.



Es ist ein überraschender Gleichlauf der Kurven, der uns begegnet: überall eine Senkung derselben gegen das Jahr 1860 und eine Hebung gegen 1850 und 1880, von der Westküste der alten Welt bis zu ihrer Ostküste, sowie im Innern Nordamerikas, von Deutschland über Italien und Indien bis nach Australien. Es zeigt sich, dafs mehr oder minder alle Länder der Erde gleichzeitig eine regenreiche Periode und gleichzeitig eine Trockenperiode erleben. Im laufenden Jahrhundert gruppieren sich die Maxima des Regenfalls um die Jahre 1815, 1850 und 1880, die Minima um die Jahre 1830 und 1860.

Freilich fallen die Epochen nicht absolut gleich; so trifft das Minimum des Regenfalls bei einigen Gebieten auf 1856/60, bei anderen auf 1861/65, in einem Fall sogar verspätet auf 1866/70, und analog wechselt auch etwas die Lage des Maximums. Bei keinem der hier aufgeführten Fälle aber koinzidiert ein Minimum mit einem Maximum. Kein Minimum fällt auf die Jahre 1841—55 und 1871—85 und kein Maximum auf die Jahre 1825—40 und 1856/70. Es entspricht also nicht einem Zuviel des Regenfalls in einem Gebiet ein Zuwenig in einem anderen; eine Kompensation findet auf den hier vertretenen Landmassen der Erde nicht statt. Die geringen Abweichungen von der Mittellage der Epochen sind dazu regellos und meist auf kleinere Gebiete be

schränkt. Das kann aber auch gar nicht anders sein. Wie trotz der deutlich ausgesprochenen Jahresperiode eines meteorologischen Elements, etwa der Temperatur, doch dessen Maximum je nach der momentanen Witterung etwas früher oder später im Laufe des Jahres eintritt, so auch hier.

Auch die relative Intensität der Maxima und Minima ist nicht überall gleich: in Australien ist das Maximum um 1850 stärker ausgeprägt, als dasjenige der siebziger Jahre; bei einer Reihe von Gebieten sind beide Maxima gleich intensiv, während in der Mehrzahl der Fälle das Maximum um 1880 gröfser ist als dasjenige um 1850[1]).

Doch giebt es immerhin einige Gebiete, welche direkt als Ausnahmen von der Regel erscheinen. Da ist Unteritalien und Sicilien, sowie Südspanien, da ist das untere Indus- und Gangesthal, da sind ferner die östlichen der Vereinigten Staaten von Nordamerika, deren Regenfall ein Maximum in den sechziger Jahren aufweist, also in jener Zeit, welche in den übrigen Ländern durch Regenarmut ausgezeichnet ist. Analog scheint es sich mit Island zu verhalten. Ebenso bildet Schottland durch seine zum Teil äufserst verschwommenen Schwankungen eine Ausnahme, während England sich der Regel fügt. Diese Ausnahmegebiete sind jedoch, soweit der heutige Stand der meteorologischen und hydrographischen Beobachtungen dieselben zu überblicken gestattet, sehr unbedeutend gegenüber dem Gros der Landmassen, die an den Schwankungen teilnehmen.

Noch ein anderes Gesetz tritt aus den Kurven klar und deutlich hervor: es ist die Verschärfung der Schwankung beim Vordringen in das Innere der Kontinentalmassen. In Schottland ist die Schwankung verwischt. In Deutschland ist sie deutlich und es verhält sich die Regenmenge des trockensten Lustrums um 1860 zu derjenigen des regenreichsten Lustrums um 1880 wie 1 : 1,09, im östlichen europäischen Rufsland wie 1 : 1,24 und in Westsibirien gar wie 1 : 2,26. Mehr als zweimal soviel Regen fiel hier in den feuchten 5 Jahren 1881/85 als in den trockenen 1861/65. In Ostsibirien sinkt das Verhältnis wieder auf 1 : 1,36 herab. Nicht erwehren kann man sich angesichts dieser Thatsache, besonders wenn man die Lage einiger der oben genannten Ausnahmegebiete an den Gestaden des Atlantischen Oceans gleichzeitig ins Auge fafst, als sei der geschilderte Rhythmus der Schwankung des Regenfalls ein kontinentaler nnd als

---

[1]) Einige der letztgenannten Fälle dürften wohl auf Rechnung der allmählich Platz greifenden Verbesserung der Methode der Messung der Niederschläge, vor allem derjenigen des Winters zu setzen sein, wie die im allgemeinen aufsteigende Tendenz der Kurven für Rufsland, Sibirien und Mittelitalien anzudeuten scheint.

könnte vielleicht die auf den Landflächen vergeblich gesuchte Kompensation auf Teilen des Oceans stattfinden.

Der Regenfall ist nicht das einzige meteorologische Element, das rhythmische Schwankungen dieser Art aufweist. Es gelang ganz entsprechende für die Temperatur darzuthun, und zwar war der Nachweis ein doppelter: er basierte einerseits auf der Diskussion der Register über die Dauer der winterlichen Eisdecke auf den Flüssen, andererseits auf den direkten Temperaturbeobachtungen. Die nachfolgende Kurve Fig. III möge diese Temperaturschwankungen illustrieren. Die ihr zu Grunde liegenden Zahlen wurden als Lustrenmittel aus den von

Fig. III. Säkulare Schwankungen der Temperatur.



Köppen[1]) mitgeteilten Mittelwerten der schon vor 1820 beobachtenden Stationen Europas und Neuenglands berechnet und in der oben angegebenen Weise ausgeglichen. Ein Ansteigen der Kurve um einen Teilstrich bedeutet eine Zunahme der Temperatur um 0.05° C.

Ein allgemeines Resultat lesen wir aus unserer Kurve ab: der Rhythmus der Schwankungen der Temperatur vollzieht sich in der Weise, dafs die feuchten Perioden auch kühl, die trockenen auch warm sind. So treffen wir im laufenden Jahrhundert in Europa und in den Neuenglandstaaten um 1815 eine durchschnittlich kalte Periode, um 1825 eine warme, um 1840 wieder eine kühle; die sechziger Jahre sind wieder warm und an sie schliefst sich als letzte kühle Periode diejenige Ende der siebziger Jahre an.

Unwillkürlich entsteht angesichts der Klimaschwankungen dieses Jahrhunderts die Frage, ob sich dieselben weit in die Vergangenheit

[1]) Köppen in Zeitsch. d. Österr. Ges. f. Meteorologie, 1874, S. 260.

zurück konstatieren lassen. Es ist dieses an der Hand eines verschiedenartigen Materials gelungen. Freilich zuverlässige meteorologische Beobachtungen reichen nicht tief in das vorige Jahrhundert zurück. Doch bot sich uns ein anderes wertvolles Material teils hydrographischer, teils pflanzenphänologischer Natur dar. Da sind zunächst die Schwankungen des Spiegels des Kaspischen Meeres, über welche Aufzeichnungen seit dem Jahre 1685 uns vorliegen; da sind ferner Beobachtungen über das Gefrieren und Aufgehen mehrerer russischer Flüsse, welche bis zum Beginn des vorigen Jahrhunderts fast lückenlos zurückgehen. Vor allem aber existieren langjährige Register über den Beginn der Weinlese in den Weingegenden Frankreichs, Südwest-Deutschlands und der Schweiz, die zum Teil schon mit dem Jahre 1400 beginnen. Erst seit 1550 freilich ist die Zahl der Stationen grofs genug, um ihre Aufzeichnungen gegenseitig kontrollieren und zu Mitteln vereinigen zu können.

Es ist bekannt, dafs im allgemeinen in feuchten und kühlen Jahren die Traubenreife erst spät, in trockenen und warmen dagegen früh eintritt. Da nun die Schwankungen des Termins der Weinernte bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts sich nachweislich entsprechend denen der Jahrestemperatur und der jährlichen Regenmenge vollziehen, so dürfen sie überhaupt als Repräsentanten der Klimaschwankungen gelten.

Es wurden die Lustrenmittel des Datums der Weinernte für nachfolgende 30 Stationen gebildet: Verdun, Argenteuil, Foug, Loches, Les Riceys, Couvignon, Denainvilliers, Auxerre, Vendôme, Vesoul, Dijon, Beaune, Volnay, Salins, Lons-le-Saulnier, Yenne, Pichon-Longueville, Landschaft Médoc, Tain, Castres, Stuttgart, Kürnbach, Altstetten, Veytaux, Vevey, Lausanne, Lavaux, Aubonne, Rolle und Pully bei Morges.

Diese Lustrenmittel wurden für jede Station durch die Abweichungen vom dreifsigjährigen Mittel 1851—1880 ausgedrückt und hierauf für jedes Lustrum die Mittel der einzelnen Stationen zu einem Gesamtmittel vereinigt. Auf Grund der letzteren wurde die nachfolgende, wieder in der angegebenen Weise ausgeglichene Kurve entworfen, welche die Schwankungen des Klimas bis 1670 zurückzuverfolgen gestattet. Ich hätte sie ohne weiteres bis 1550 zurückführen können, freilich mit abnehmender Sicherheit, da die Zahl der Stationen von 1670 an rasch immer kleiner und kleiner wird. Doch möge die hier mitgeteilte Probe genügen[1]). Ein Ansteigen der Kurve um einen Teilstrich be-

---

[1]) Die Kurve von 1550 an, wie alles derselben zu Grunde liegende Beobachtungsmaterial wird in der eingangs (S. 104 Anmerkung) erwähnten gröfseren Publikation des Verfassers mitgeteilt werden.

deutet eine Verfrühung der Weinernte um einen Tag, also eine Zunahme der Temperatur und eine Abnahme des Regenfalls.

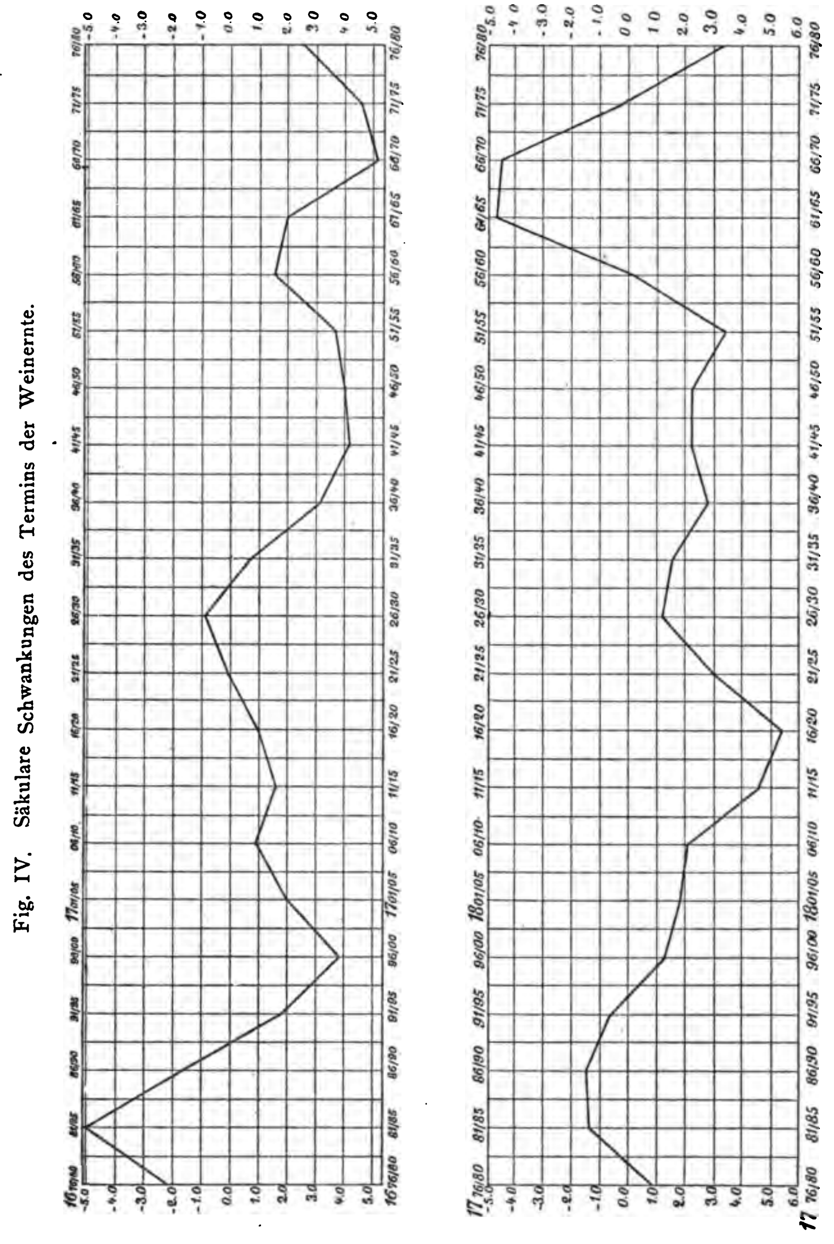


Fig. IV. Säkulare Schwankungen des Termins der Weinernte.

Um die Jahre 1880, 1851—55, 1816—20, 1766—70, 1741—45, 1696—1700 und 1671—75 fallen kühle und feuchte Perioden, um die

Jahre 1861—65, 1820—30, 1786—90, 1756—60, 1726—30 und 1681—85 warme und trockene. Die Zeiträume von Maximum zu Maximum sind dabei nicht vollkommen gleich; die Klimaschwankungen vollziehen sich also in keiner strengen Periode von bestimmter Länge, und wenn wir ihre Länge auf 36—37 Jahre angeben, so ist das nur ein Mittelwert.

Worin aber haben diese eigentümlichen Schwankungen, welche die wichtigsten klimatischen Elemente erleiden, ihren Grund? Die Endursache ist noch vollkommen in Dunkelheit gehüllt. Nur für den Regenfall vermögen wir einen Schritt zurück zu thun, wenn auch nur auf dem beschränkten Gebiet Europas. Die Schwankungen des Regenfalls gehen nämlich hier genau Hand in Hand mit säkularen Schwankungen des Luftdruckes. Diese aber vollziehen sich auf dem Nordatlantischen Ozean und in Europa derart, dafs in den regenreichen Perioden eine Abschwächung aller Luftdruckdifferenzen eintritt, in den trockenen eine Verstärkung derselben. Da nun während des gröfsten Teils des Jahres sowie im Jahresdurchschnitt der Gradient vom Kontinent zum Ozean gerichtet ist, so mufs eine Schwächung desselben notwendig den Übertritt feuchter ozeanischer Luft vom Meer aufs Land und damit den Regen auf dem Lande erleichtern, eine Verstärkung denselben erschweren. Die Schwankungen des Luftdrucks aber sind nichts anderes als eine Folge der Schwankungen der Temperatur. Eine Zunahme der letzteren bedingt eine Verschärfung des thermischen Gegensatzes zwischen Wasser und Land in gemäfsigten und hohen Breiten und daher auch eine Verschärfung des Überdrucks auf dem Lande, die ihrerseits eine Minderung des Regens zur Folge hat. Ähnlich dürften sich wohl auch im allgemeinen die Schwankungen des Regenfalls auf die oben skizzierten Schwankungen der Temperatur zurückführen, wenn auch der Beweis zunächst nur für Europa gegeben ist. Wer die Temperaturschwankungen erklärt, hat die Ursache des gesamten Phänomens der Klimaschwankungen erkannt.

Ist nun der Betrag dieser Klimaschwankungen erheblich, so dafs denselben eine praktische Bedeutung zukommt? Dieses ist in der That der Fall. Besonders in den trockenen Gebieten, die an sich schon wenig Wasser besitzen, ändern sich die hydrographischen Verhältnisse gewaltig, indem sie jenen Schwankungen des Klimas folgen. Seen verschwinden in den Trockenperioden, um in den feuchten wieder aufzutreten, wie z. B. der Lake George in Neu-Südwales, der um 1820 und 1876, in geringerem Mafse auch um 1850, ein stattlicher See von 12—18 km Länge, 10 km Breite und 5—8 m Tiefe war, in den da-

zwischenliegenden Trockenzeiten aber völlig vom Erdboden verschwand; oder die innerafrikanischen Seen, die nach Sieger[1]) zu Zeiten, wie der Tsadsee, der Tanganyika und der Nyassa so anschwellen, dafs sie für einige Jahre einen Abflufs erhalten, dann aber beim Beginn der Trockenperiode wieder abflufslos werden. Flüsse und Bäche versiegen für ein Jahrzehnt; Sümpfe trocknen aus, um in der nächsten feuchten Periode wieder zu erscheinen. Leicht liefse sich dieses, wenn die Zeit es gestattete, noch durch zahlreiche Beobachtungen, besonders aus Afrika und Australien, belegen.

Dadurch berühren die Klimaschwankungen tief das menschliche Leben. Die Flufsschifffahrt ist in hohem Grade abhängig von der im Strombett vorhandenen Wassermenge, welche die Tiefe bestimmt. In den Zeiten der Trockenheit, so um 1830 und 1860 wuchsen die Hindernisse der Schifffahrt, und gar bald entstand eine gewaltige Litteratur über die Frage, was wohl die Ursache des Sinkens der Flufswasserstände sei, und meist wurde die zunehmende Entwaldung als solche gedeutet. Heute wissen wir es besser: es sind die Klimaschwankungen.

In anderer Weise äufsert sich der Einflufs der Schwankungen der Temperatur auf den Verkehr durch Vermittelung der Dauer der Eisdecke der Flüsse. Es blieb z. B. im Durchschnitt der Kälteperiode 1806 bis 1820 die Newa und damit der Hafen von St. Petersburg jährlich um volle 3 Wochen länger durch das Eis geschlossen, als in der warmen Periode 1821—1835[2]). Das bedeutet, dafs in der kalten Periode die westlicher gelegenen Häfen mit kurzer Sperrzeit einen Teil des Verkehrs von Petersburg erhalten, der ihnen in der warmen Periode wieder entzogen wird. Freilich kommen derartige Unterschiede in der Dauer der Navigationsperiode auch von einem Jahr zum andern vor. Dann aber macht das folgende Jahr wieder gut, was das vorhergehende geschadet; nicht so bei den Klimaschwankungen, wo sich die Durchschnittswerte geändert haben und die günstigen oder ungünstigen Verhältnisse im Mittel vieler Jahre hindurch anhalten. So gehen denn Hand in Hand mit den Klimaschwankungen gewisse Schwankungen im Verkehrsleben.

Ein anderes Gebiet, auf dem sich der Einflufs der Klimaschwankungen geltend macht, ist die Landwirtschaft. Besonders gilt dieses für das Innere der Kontinente, da dort die Schwankungen verschärft

---

[1]) R. Sieger, Schwankungen der innerafrikanischen Seen. Bericht über das XIII. Vereinsjahr des Vereins der Geographen an der Universität Wien. Wien, 1888.

[2]) Berechnet nach den von Rykatschew (Aufgang und Zugang der Gewässer Rufslands. St. Petersburg 1886. In russischer Sprache, S. 170) mitgeteilten Tabellen.

auftreten, wie z. B. in Sibirien, wo in den sechziger Jahren im Gefolge der Dürren Hungersnöte auftraten, oder in Egypten, wo von der gröfseren oder geringeren Höhe der Nilflut die Ertragfähigkeit weiter Ländereien abhängt.

Geradezu verhängnisvoll dürften die Klimaschwankungen für die Zukunft der trockenen Gebiete des inneren Nordamerika werden, die sich um den grofsen Salzsee herum gruppieren. Hier ist von Anfang der sechziger bis zur Mitte der siebziger Jahre der grofse Salzsee um 3 m gestiegen; seine Zuflüsse füllten sich mit Wasser, das zur Berieselung der neuangelegten Felder und Wiesen abgeleitet wurde[1]). Wir sahen oben, dafs die Ansicht meist dahin geht, die Ausbreitung des Kulturlandes in den früher wüsten Gebieten habe den Regenfall erheblich vermehrt.

Dagegen möchte ich hervorheben, dafs diese Besserung des Klimas genau in jene Zeit fällt, in welcher mehr oder weniger die gesamten Landmassen der Erde, besonders aber die Kontinentalgebiete infolge der Klimaschwankung eine Zunahme des Regenfalls erlebten. Dafs sich andererseits in Amerika in früheren Zeiten analoge Änderungen des Klimas abspielten, bald in dem einen, dann wieder in dem anderen Sinn, liefs sich an den Beobachtungen des Regenfalls und der Flufswasserstände im benachbarten Mississippigebiet für das laufende Jahrhundert konstatieren. Es sind dieselben Schwankungen, die in Europa bis 1550 sich zurückverfolgen liefsen, und diese grofse Zahl der nachgewiesenen Schwankungen zwingt uns zur Annahme, dafs sie auch in Zukunft sich weitervollziehen werden. Es scheint mir nach allem in hohem Grade wahrscheinlich, dafs auf die von Anfang der sechziger Jahre an konstatierte Verbesserung des Klimas am Salzsee nunmehr eine Verschlechterung folgen wird, deren Vorboten bereits in den letztvergangenen trockenen Jahren zu erkennen sein dürften, welche in der That auch ein Sinken des grofsen Salzsees im Gefolge hatten: 1888 stand der See schon wieder so tief wie 1864[2]) Sollte sich diese Vermutung bewahrheiten, dann ist leider für jene Gebiete eine grofse ökonomische Krise in der allernächsten Zeit unvermeidlich; denn die Ländereien, welche von 1870—80 anbaufähig waren, würden dann gar bald infolge der Dürre einen Ertrag verweigern. Es dürfte sich dann hier zeigen, wie es sich in Egypten und Sibirien gezeigt hat, dafs

---

[1]) Vgl. hierzu Gilbert in Powell, Report upon arid Regions. Washington 1879. S. 57 ff.

[2]) Nach einer handschriftlichen Kurve von Herrn G. K. Gilbert, die ich der Zuvorkommenheit des Herrn Dr. R. Sieger verdanke.

entsprechend den Klimaschwankungen das Areal des anbaufähigen Landes in seiner Gröfse Schwankungen erleidet.

Doch die Zeit drängt, brechen wir ab!

Wir sind dazu gelangt, allgemeine Schwankungen des Klimas zu erkennen; ich habe versucht, mit wenigen Strichen eine kurze Skizze derselben zu entwerfen. Es mag im ersten Augenblick Wunder nehmen, dafs dieselben bis heute sich dem forschenden Auge entzogen hatten. Doch sind in der That diese Schwankungen gleichsam schon geahnt worden; denn hier und da taucht in der Litteratur auf Grund eigentümlicher Erscheinungen an den Gewässern die Anschauung auf, es sei das Klima gewisser Orte, speziell deren Regenfall, wahrscheinlich periodischen Schwankungen unterworfen, so u. a. Hann für das Gebiet des Kaspischen Meeres[1]), so Schweinfurth für Teile der Mittelmeerländer[2]), so vor allem Fritz für zahlreiche Gebiete der Erde[3]). Doch ein meteorologischer Nachweis wurde nur für die Alpen von Forel, Richter und Lang erbracht. Und es konnte auch die Allgemeinheit des Phänomens, seine Gleichzeitigkeit und Bedeutung für die ganze Erde bis heute nicht wohl in streng meteorologischer Weise dargethan werden, ehe eine grofse Zahl meteorologischer Stationen die Trockenperiode der sechziger Jahre und die feuchte Periode um 1880 erlebt und in ihren Tagebüchern registriert hatten.

Diese allgemeinen Klimaschwankungen geben uns auch den Schlüssel zu jener argen Verwirrung, die zur Zeit über die Frage der Änderung des Klimas herrscht und die wir eingangs zu schildern suchten; sie erklären, wie ganz entgegengesetzte Ansichten neben einander bestehen konnten: es ändert sich eben das Klima eine Zeit lang in der einen Richtung und hierauf in der anderen — das Klima schwankt und mit ihm schwanken Flüsse, Seen und Gletscher[4]).

---

[1]) Hann in der Zeitschr. d. Österr. Ges. f. Meteorologie. Bd. II, 1867.

[2]) Schweinfurth in der Einleitung zu Bädekers Egypten. I, 1877, S. 79.

[3]) Fritz in Petermann's Mitteilungen. 1880. S. 245 ff.

[4]) Die sich anschliefsende Diskussion s. „Bericht über den Verlauf u. s. w. 3. Sitzung“.

